



УДК 621.039

О РОЛИ ОБУЧЕНИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ПЕРСОНАЛА В ПОЛЯХ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ABOUT THE ROLE OF TRAINING IN THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF DECREASING OF THE PERSONNEL STAY TIME IN THE FIELDS OF IONIZING RADIATION

Смирных Николай Владимирович, студент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: 2011koolya174@mail.ru, Тел.: +7(922)746-23-07

Тарасов Александр Денисович, студент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: Taaleksandr@mail.ru. Тел.: +7(912)036-99-67

Михайлова Алина Федоровна, аспирант, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: mikhailova.a.f@mail.ru Тел.: +7(343)375-97-37

Ташлыков Олег Леонидович, кандидат технических наук, доцент каф. «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: o.l.tashlykov@urfu.ru

Nicolai V. Smirnyh, student, Department «Atomic power stations and renewable energy sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: 2011koolya174@mail.ru. Ph.: +7(922)746-23-07

Alexander D. Tarasov, student, Department « Atomic power stations and renewable energy sources », Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: Taaleksandr@mail.ru. Ph.: +7(912)036-99-67

Alina F. Mikhailova, Graduate student, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: mikhailova.a.f@mail.ru Ph.: +7(343)375-97-37

Oleg L. Tashlykov, Cand. Sci., Associate professor, Department «Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg. E-mail: otashlykov@list.ru. Ph.: +7(343)375-97-37

Аннотация: Показаны способы снижения дозовых затрат персонала, приведены пути сокращения времени пребывания персонала в полях ионизирующих излучений, подчеркнута роль интенсификации процесса обучения в снижении индивидуальных доз. Рассмотрены направления и результаты внедрения виртуальных технологий (компьютерного моделирования) в процесс подготовки специалистов на кафедре «Атомные станции и ВИЭ» УрФУ.

Abstract: There means of the personnel's dose costs reducing are shown. The ways of reducing the time of personnel stay in the fields of ionizing radiation are given. The role of intensification of learning process in the decreasing of individual dose costs is underlined. The directions and the results of introduction of virtual technologies (computer simulation) in the process of specialists training at the Department "Nuclear stations and RES" are considered.

Ключевые слова: доза облучения; оптимизация радиационной защиты; сокращение времени пребывания персонала в полях ионизирующих излучений; трехмерная модель помещения; виртуальное обучение.

Key words: radiation dose; radiation protection optimization; reduction of the staff time of stay in the fields of ionizing radiation; three-dimensional model of a room; virtual training.

ВВЕДЕНИЕ

В Рекомендациях Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) от 2007 г. (Публикация 103) подчеркивается усиление принципа оптимизации радиационной защиты, который должен равно применяться для ситуаций планируемого, аварийного и существующего облучения при условии ограничений индивидуальных доз и радиационных рисков.

На всех АЭС России, начиная с 1996 г. (переход на новые дозовые пределы), благодаря проведению комплекса организационных и технических мероприятий дозы облучения персонала снижены примерно в три раза и достигли некоторого стационарного уровня, незначительно меняясь год от года в зависимости от характера и продолжительности остановов для проведения ремонтов [1]. С целью дальнейшего повышения уровня радиационной защиты персонала, оптимизации индивидуальных доз облучения и количества облучаемых на АЭС лиц в АО «Концерн Росэнергоатом» была принята Программа оптимизации радиационной защиты персонала на АЭС (2015-2019 гг.), основными направлениями которой являются: совершенствование организации выполнения радиационно-опасных работ, улучшение радиационной обстановки на оборудовании и в помещениях АЭС, сокращение времени пребывания персонала в полях ионизирующего излучения, совершенствование приборного и методического обеспечения радиационного контроля.

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ОБЛУЧАЕМОСТИ ПЕРСОНАЛА

В общем случае облучаемость персонала можно снизить улучшением параметров радиационной обстановки, увеличением расстояния от источника ионизирующего излучения до работающего, сокращением времени нахождения работника в зоне действия ионизирующего излучения. Уменьшение времени пребывания персонала в радиационных полях может быть достигнуто тщательным планированием, эффективным управлением работами, тренировками по выполнению операций на макетах в чистой зоне и компьютерных моделях оборудования, а также применением высокопроизводительного оборудования [2]. По данным [3] хорошо подготовленный персонал повышает коэффициент использования установленной мощности примерно на 1 %.

Любую повторяющуюся деятельность человека можно представить в виде «кривой обучения» [4], которую можно разделить на три фазы (рис.1). В первой фазе работники обучаются операциям и набираются опыта, во второй фазе постепенно

ликвидируются крупные технические ошибки при обслуживании. В третьей фазе работники обладают полным объемом навыков и могут выполнять операции за минимальное время, получая минимальные дозы облучения. Кривая *ABC* описывает процесс обучения, происходящий благодаря природной способности людей к обучению в процессе деятельности. При использовании философии ALARA (As Low As Reasonably Achievable – «настолько низко насколько разумно достижимо») возрастает интенсивность обучения, результаты которого описывает зависимость *ADC*, которую можно назвать истинным уровнем дозы для данного комплекса работ. Заштрихованная область на графике показывает суммарное снижение коллективных доз при активном обучении работников. В качестве примера, подтверждающего тенденцию снижения продолжительности выполнения однотипных операций с одновременным снижением коллективных доз со временем, на рис.2 приведен характерный «профиль дозы» при выполнении комплекса работ по замене технологических каналов (ТК) на первом блоке Ленинградской АЭС во время реконструкции в 1989-1990 гг. [5].

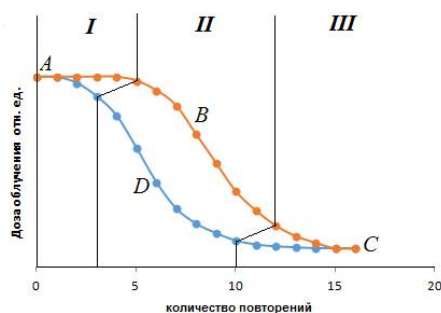


Рис. 1. Кривая обучения

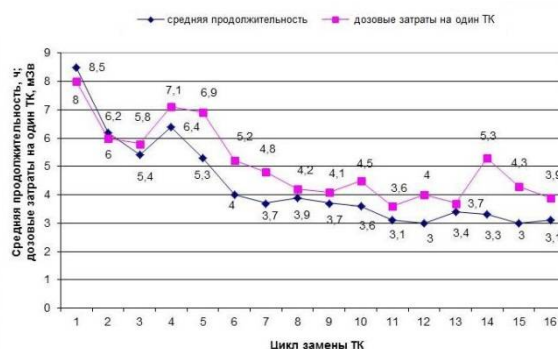


Рис. 2. Средняя продолжительность и дозовые затраты при замене одного технологического канала РБМК-1000

Подготовка на тренажерах позволяет многократно выполнять операции в чистой зоне, исключая переоблучение и ущерб в случае ошибочных действий, и сократить время пребывания работника в полях ионизирующего излучения. Такая подготовка позволяет выявить все

вопросы, изучить технологический процесс ремонта или контроля, разобраться в любых сложностях перед выполнением работ в зоне действия ионизирующих излучений. Тренажеры используются для таких видов работ, как замена технологических каналов, регулирующих клапанов, ремонт трубок парогенераторов и т.д. Для эффективного обучения на тренажерах необходимо, чтобы макет точно повторял размеры оригинала и находился в окружении, аналогичном реальному. Физические условия (работа в респираторах, изолирующих костюмах и т.д.) и ограничения (леса, ограждения, теплоизоляция и т.д.) должны быть такими же, как при проведении реальных работ.

Например, на Билибинской АЭС проводят тренировки ремонтного персонала на макете верхней части ТВС перед проведением работ по перегрузке ОТВС и на макете части барабана-сепаратора перед проведением работ по его дезактивации и демонтажу внутрисепарационных устройств [6].

Продолжительность выполнения операций может быть минимизирована также отбором для них сотрудников, показавших при обучении лучшие результаты.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА

Инструментом эффективного планирования ремонтных работ с целью снижения доз, применяемым на ряде АЭС, являются масштабные модели реакторного отделения. Они используются на оперативных совещаниях для ориентирования сотрудников подрядчика и позволяют сократить или исключить технические обходы. Масштабные модели обладают уникальной способностью обеспечения полной зрительной информацией и позволяют первоначально ознакомиться с теми деталями, которые бы в обычных условиях потребовали трудоемкой оценки большого количества чертежей и схем.

Отдельным фактором, увеличивающим время пребывания персонала в полях ионизирующего излучения, и соответственно дозы облучения, является передвижение в незнакомой обстановке. Поэтому, предварительное ознакомление с рабочей зоной с помощью фотографий, видеоматериалов, макетов, трехмерных моделей помещений с оборудованием может дать значительный вклад в сокращении времени пребывания персонала в полях ионизирующего излучения, особенно в незнакомых помещениях с большим количеством оборудования, КИП и других элементов.

Перспективным направлением подготовки персонала, особенно привлекаемых подрядных организаций, являются системы виртуального ознакомления с компоновкой оборудования,

изучения путей перемещения до рабочего места и т.д. Такие системы реализуются на ряде зарубежных АЭС под названиями «пешеходный обход», «система псевдообхода». Эти системы обеспечивают возможность экскурсий (обхода) в реальном масштабе времени. Некоторые станции разработали библиотеки цифровых изображений своей территории, используя статические видеокamеры, обеспечивающие высокое качество изображения. В системе псевдодвижения для продвижения по станции используется панель управления, джойстик и мышка, при этом создается иллюзия, что вы идете по станции, изменяя при этом скорость движения или делая паузы, чтобы посмотреть вверх, вниз, налево, направо или назад. Особенно это важно для снижения «ненужных» дозозатрат при подготовке (планировании) работ.

С развитием компьютерной техники и созданием графических прикладных программ появилась возможность разработки объемных моделей и виртуального изучения недоступного по причине радиационной обстановки оборудования и систем АЭС [7]. Существует около десяти основных видов моделирования (физическое, информационное, математическое, педагогическое и т.д.), из которых можно выделить два вида, использующихся в разработке программы обучения для сокращения времени пребывания в опасных зонах: компьютерное и имитационное. Компьютерное моделирование делится на два вида: 2D- и 3D- моделирование. В результате 2D-моделирования получают плоское изображение предмета в двух измерениях - по длине и высоте. По сути своей представляет фотографию. 3D-моделирование позволяет увидеть трехмерное (объемное) изображение, то есть по длине, высоте и глубине. Таким образом, 3D-моделирование – это раздел компьютерной графики, посвященный методам создания изображений или видео путем проектирования объемных объектов в трехмерном пространстве

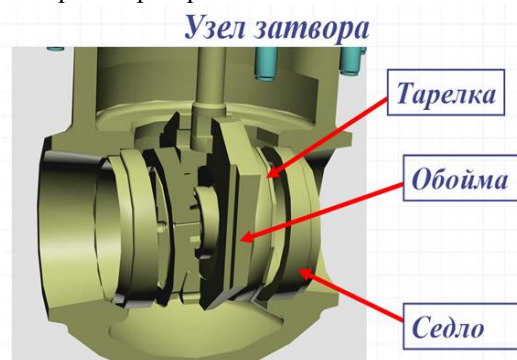


Рис.3. Фрагмент объемной разборной модели узла затвора задвижки Ду300

На рис.3. приведен фрагмент мультимедийной лекции с использованием 3D – технологии по

изучению конструкции запорной арматуры Ду300 для АЭС с реакторами РБМК-1000, разработанный на кафедре «Атомные станции и ВИЭ» УрФУ для Смоленского УТЦ. Для повышения эффективности процесса обучения используется демонстрация фото- и видеоматериалов изучаемых узлов оборудования и проведения реальных работ.

В настоящее время ведутся работы по созданию виртуальных моделей радиационно-опасных помещений. Разработанные модели являются основой для создания трехмерного виртуального учебного пособия. На базе смоделированного пространства можно создавать любые сценарии и реализовывать анимационные обходы помещения по заданным маршрутам.



Рис. 4. Ракурс итоговой модели помещения АЭС

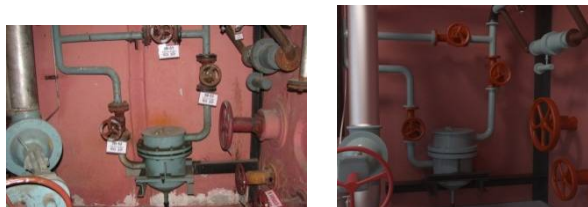


Рис.5. Пример построения виртуальной модели помещения с использованием фотографий

Для демонстрации полного спектра возможностей метода виртуального обучения были смонтированы два видеоролика – в пассивном и динамическом режимах. Пассивный режим используется для изучения расположения оборудования, трубопроводов, КИП и т.д. Динамический режим используется для изучения протекания конкретных событий. Он позволяет наглядно продемонстрировать протекающий во времени процесс (например, регламентные переключения, режим, манипуляции с оборудованием).

Выводы:

1. Обучение и тренировки являются эффективным способом сокращения времени

пребывания персонала в полях ионизирующего излучения.

2. Особенностью подготовки специалистов и тренировок персонала АЭС является недоступность ряда оборудования и систем, контактирующих с радиоактивными средами, для изучения конструкции и тренировок по выполнению отдельных операций.

3. Использование компьютерного моделирования позволяет изучать конструкции и технологии проведения ремонтных операций оборудования радиоактивных систем АЭС в чистой зоне без воздействия ионизирующего излучения.

4. Подготовка персонала с использованием современных методов компьютерного моделирования позволяет добиваться максимально возможного снижения коллективных доз при выполнении им работ в зоне контролируемого доступа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ремез В.П., Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е., Иошин А.А., Кузнецов С.Б. Повышение эффективности локализации радионуклидов кобальт-60 и цезий-137 из жидких радиоактивных отходов в решении проблемы обеспечения радиационной безопасности АЭС // Ядерная физика и инжиниринг. 2016, том 7, № 2, с. 129–137.
2. Наумов А.А., Ташлыков О.Л. Минимизация дозовых затрат при ремонтном обслуживании систем и оборудования АЭС // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2010. №1. С.80-88.
3. Управление работами в атомной энергетике: документы ОЭСР / Агентство по ядерной энергии. Воспроизведено МАГАТЭ. Вена, Австрия, 1998. 169 с.
4. Практическая реализация методологии ALARA на АЭС: методическое пособие. – М.: «Росэнергоатом», 1999. – 186 с.
5. Ташлыков О.Л. Методы оценки и снижения дозовых нагрузок при ремонте АЭС: учеб. пособие. -Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 118 с.
6. Ташлыков О.Л., Сесекин А.Н., Щеклеин С.Е., Балушкин Ф.А., Ченцов А.Г., Хомяков А.П. Возможности математических методов моделирования в решении проблемы снижения облучаемости персонала // Вопросы радиационной безопасности.-2009. №4. С.47-57.
7. Ташлыков О.Л., Щеклеин С.Е. Виртуальные технологии обучения в решении проблемы снижения облучаемости ремонтного персонала // Дистанционное и виртуальное обучение. 2010. №8. С.48-57